

IAP20 Rec'd PCT/PTO 08 FEB 2006

Fügestellenstruktur für ein Reibschweißverfahren und  
Verfahren zu deren Herstellung

Die Erfindung betrifft eine Fügestellenstruktur und ein Verfahren zu deren Herstellung nach den Oberbegriffen der Ansprüche 1 und 9.

Im Fahrzeugbau werden in zahlreichen Anwendungen Verbundwerkstücke eingesetzt, die aus einer Welle und einem im wesentlichen rotationssymmetrischen Nabenteil zusammengesetzt sind. Beispiele für Scheiben sind Getriebe- und Kupplungsteile oder auch scheibenförmige Rohlinge, die noch mechanisch bearbeitet werden müssen.

Es ist bekannt, eine Welle und Nabenteil in einem Verbindungsreich durch Reibschweißen zu verbinden. Herkömmlicherweise wird dabei eine Stirnseite der Welle mit einer Stirnseite des Nabenteils verschweißt. Alternativ hierzu können Welle und Nabenteil mit Hilfe des aufgleitenden Reibschweißens verbunden werden; dabei handelt es sich um eine Variante des Pressschweißens, bei dem im Gegensatz zum konventionellen stirnseitigen Reibschweißen die Fügeflächen am Umfang der Bauteile angeordnet sind. Dabei wird z.B. eine Welle mit einem Nabenteil mit Überdeckung verschweißt, indem eines der beiden Bauteil in Rotation versetzt und auf das andere, in Ruhe befindliche, Gegenstück aufgepresst wird. Der Schweißprozess beginnt an den Berührflächen der Bauteile. Nach der Plastifizierung des dort befindlichen Materials durch die Reibwärme entsteht nach dem Ende der Rotationsbewegung eine unlösbare Verbindung.

In der DE 199 34 855 C 1 ist ein reibgeschweißtes Welle/Scheibe- Verbundwerkstück gezeigt, das aus einer Scheibe mit Durchgangsloch und einer Welle mittels aufgleitendem Reibschiessen gefügt ist. Beim Verschweißen von Welle und Scheibe entstehen ringförmige Verbindungsabschnitte, zwischen denen ringförmige Hohlräume gebildet werden. Durch die radial und axial zueinander versetzten Fügestellen wird eine Gewichtsverringerung des Gesamtteils erreicht, wobei die Hohlräume zur z.B. Ölführung genutzt werden können.

Wird ein Nabenteil einer Scheibe mit einer Welle mittels aufgleitendem Reibschiessen gefügt, können beim Aufschieben des Nabenteils auf die kalte Welle beim Reibschiessen Fehlstellen entstehen, die Kerben und Risse zur Folge haben können.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine neue Gestaltung der Fügestelle für ein Welle/Scheibe- Verbundwerkstück anzugeben, mit der Fehlstellen minimiert und die Festigkeitswerte der Verbindung erhöht werden. Weiterhin liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Herstellung der Fügestelle anzugeben.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale der Ansprüche 1 und 9 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind den Unteransprüchen zu entnehmen.

Gemäß der Erfindung ist die Fügestellenstruktur eines Welle/Nabe-Verbundwerkstücks, insbesondere für das Verbinden von einer Welle mit einem Verbindungsflansch eines Nabenteils eines Antriebsrades mittels Reibschiessen, in einer solchen Weise gestaltet, dass zwischen der Welle und dem Verbindungsflansch des Nabenteils vor und hinter der Fügestelle ein definierter Spalt eingebracht ist, der das beim Reibschiessen erweichte Material in seiner Ausbreitung behindert.

Bevor die Fügepartner mittels aufgleitendem Reibschiessen miteinander verbunden werden, liegen zwischen Welle und Na-

benteil somit ringförmige Hohlräume („Spalte“) vor, die während dem Reibschweißen einerseits das erweichte, aus dem Fügebereich verdrängte Material aufnehmen, andererseits - aufgrund ihrer geringen lichten Höhe - dieses erweichte Material aber in seiner Ausbreitung hemmen. Je mehr Material in Zuge der Stauchphase des Reibschweißens in die Hohlräume gepresst wird, desto weiter wird es innerhalb der Hohlräume - von der eigentlichen Fügestelle ausgehend - in kühtere Nachbarbereiche der heißen Fügestelle gedrängt. In diesen kühleren Nachbarbereichen verfestigt sich das verdrängte Material aufgrund der niedrigeren Umgebungstemperatur etwas, bekommt dabei eine teigigere Konsistenz und behindert aufgrund seiner höheren Viskosität die Ausbreitung des nachdrängenden Materials. Dadurch wird in den Hohlräumen ein Staudruck aufgebaut, der eine hohe Dichte des in die Spalte gepressten Materials zur Folge hat. Dies stellt einen grundsätzlichen Unterschied dar zum konventionellen aufgleitenden Reibschweißen, bei dem das teigige Material in Form eines Wulstes frei aus der Fügestelle entweichen kann.

Da die Spalte zwischen Welle und Nabenteil im Zuge des Reibschißvorgangs (zumindest teilweise) mit teigigem, aus dem Fügebereich verdrängtem Material angefüllt werden, besitzt das Verbundwerkstück eine verbreiterte Bindezone. So entsteht beispielsweise bei einer Reiblänge von etwa 6 mm und einer lichten Höhe des Spalts von 1,5 mm eine axiale Erstreckung der Bindezone von etwa 10 mm. Durch diese axiale Verbreiterung der Bindezone wird die Festigkeit der Verbindung erheblich erhöht, da das in die Spalte hineingedrängte Material zur Verschweißung der Fügepartner beiträgt.

Eine solche, bei Verwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens auftretende Festigkeitserhöhung der Bindezone kann bei Verwendung des herkömmlichen aufgleitenden Reibschißens nicht erreicht werden: Um beim herkömmlichen aufgleitenden Reibschweißen die Bindezone zwischen den Fügepartnern zu verbreitern, müsste man nämlich ein erhöhtes Abmaß

vorsehen und die Fügepartner dann entsprechend stärker stauchen, um die gewünschte erhöhte axiale Überdeckung zu erreichen. Mit dieser stärkeren Stauchung würde jedoch eine Erhöhung der Fehlstellen einhergehen, durch die die Festigkeit der Verbindung verringert würde. - Die Tatsache, dass sich durch die erfindungsgemäße Gestaltung der Fügepartner die effektive Bindezone in der beschriebenen Weise erheblich verbreitern lässt und dabei eine Erhöhung der Festigkeit erreicht wird, stellt somit einen überraschenden Effekt dar.

Der Vorsprung oder Übersprung aufgrund des herausgedrückten Materials an der Fügestelle wird vorzugsweise nach dem Reibschweißen spanend bearbeitet, um eine Verrundung zu erreichen.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung werden zwischen Welle und Nabenteil mehrere axial zueinander versetzte Fügestellen vorgesehen. Dabei ist es für die Selbstzentrierung und relative axiale Ausrichtung der Fügepartner während des Reibschweißens vorteilhaft, die Fügestellen der Fügepartner in einer solchen Weise axial und radial gegeneinander zu versetzen, dass die Fügestellen auf dem Verbundwerkstück nach der Verschweißung in einem Winkelbereich zwischen  $10^\circ$  -  $20^\circ$ , bevorzugt  $15^\circ$ , zueinander angeordnet sind. Das entstehende Verbundwerkstück ist dann zylindersymmetrisch.

Im Unterschied zum stirnseitigen Reibschweißen der Welle mit dem Nabenteil, bei dem durch unsymmetrische Schrumpfen des Nabenteils nach dem Reibschweißen ein konischer Verzug des Nabenteils auftreten kann, ist das erfindungsgemäße Verfahren mit keinerlei konischen Verzügen der Fügepartner verbunden; die ursprüngliche Zylindersymmetrie der beiden Fügepartner bleibt also im Verbundwerkstück mit hoher Genauigkeit erhalten.

Zur Herstellung der erfindungsgemäßen Fügestellenstruktur müssen auf mindestens einem der beiden Fügepartner Hinter-

schnitte in Radialrichtung vorgesehen werden. Vorteilhaftweise werden alle für die Ausbildung der Fügestelle notwendigen Hinterschnitte auf der Welle angebracht, so dass der Verbindungsflansch des Nabenteils keine Hinterschnitte aufweist. Dies ist herstellungstechnisch besonders preisgünstig, da das Einbringen von Hinterschneidungen bei der spanenden Bearbeitung der Welle mit keinem Zusatzaufwand verbunden ist und zur Herstellung des Nabenteils ein gestuftes Werkzeug eingesetzt werden kann, mit Hilfe dessen die Innenbearbeitung des Nabenteils in einem einzigen Prozessschritt erfolgt.

Welle und Nabenteil können aus unterschiedlichen Werkstoffen bestehen. Insbesondere kann eine gehärtete Welle verwendet werden, und/oder das Nabenteil kann fertig bearbeitet (gehärtet, geschliffen etc.) sein.

Befindet sich der Fügebereich in der Nähe eines hochbelasteten Bereichs des Verbundwerkstücks, z.B. eines Lagers, so kann es vorteilhaft sein, die Welle und die Nabe so zu gestalten, dass die Fügestelle radial nach außen verlegt ist, so dass der hochbelastete Bereich vollkommen frei ist von Einflüssen der Fügestelle.

Die Spalthöhen der Fügestellen werden in einer solchen Weise auf den jeweiligen Anwendungsfall optimiert, dass der Durchmesser der Fügestelle, die radiale Überdeckung und die Werkstoffe der zu verbindenden Bauteile aufeinander abgestimmt sind. Bei einer Welle mit einem Durchmesser von 60 mm wurden beispielsweise mit einem Spaltmaß von 1,5 mm und einer radialen Überdeckung der zu verbindenden Bauteile im Bereich von 1,5 - 2,5 mm, bevorzugt 2 mm, gute Fügeergebnisse erzielt.

Im folgenden wird die Erfindung anhand eines in den schematischen Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiels beschrieben. Die Zeichnungen, die Beschreibung und die Ansprüche enthalten zahlreiche Merkmale in Kombination. Der Fachmann wird die Merkmale zweckmäßigerweise auch einzeln be-

trachten und zu sinnvollen weiteren Kombinationen zusammenfassen.

Fig. 1a, 1b zeigen ein Welle/Scheibe- Verbundwerkstück mit einstufigem Verbindungsflansch

Fig. 2a, 2b, 2c zeigt die Strukturierung der Fügestelle eines einstufigem Verbindungsflansches

Fig. 3 zeigt ein Welle/Scheibe Verbundwerkstück mit zweistufigem Verbindungsflansch

Gemäß Fig. 1a wird eine Welle 1, z.B. eine Kurbelwelle, mit einer Scheibe, z.B. einem Nabenteil eines Antriebsrads mit einem Verbindungsflansch 2, verbunden. Durch stirnseitige Fortsätze auf der Vorder- und Hinterseite des Verbindungsflansches 2 werden vor und hinter der Fügestelle 3 zwischen Welle 1 und Verbindungsflansch 2 je ein definierter Spalt 4, 4' mit lichter Höhe 10, 10' eingebracht. In Zusammenbaulage der Welle 1 mit dem Verbindungsflansch 2 bilden diese Spalte 4, 4' ringförmige Hohlräume. Die radiale Überdeckung 5 von Welle 1 und Verbindungsflansch 2 beträgt beispielsweise 2 mm. Durch das Reibschiessen versucht das erwärmte, weiche Material aus der Fügestelle 3 auszutreten, wird aber in radialer Richtung durch den Spalt 4, 4' daran gehindert. Dies führt zu einer Bindezone 8 zwischen Welle 1 und Verbindungsflansch 2, deren effektive Breite 11' vergrößert ist gegenüber der Breite 11 eines auf dem Verbindungsflansch 2 an der Fügestelle 3 ursprünglich vorgesehenen Stegs 12. In Fig. 2 ist die Strukturierung der Fügestelle eines einstufigen Verbindungsflansches dargestellt. Nach dem Reibschiessen entsteht ein Vorsprung oder Übersprung 6, 6' des Materials an der Fügestelle, der z.B. nach dem Reibschiessen spanend bearbeitet wird, um eine Verrundung 7, 7' zu erreichen.

Fig. 3 zeigt einen zweistufigen Verbindungsflansch 2. Zwischen der Welle 1 und dem Verbindungsflansch 2 ist in Axial-

richtung vor und hinter den Fügestellen 3, 3' je ein Spalt 4, 4', 4'' vorgesehen. Der Spalt 4', in den während des Reibschiessens erweichtes Material aus beiden Fügestellen 3, 3' eindringt, ist bezügliche seiner Höhe und Länge so dimensioniert, dass das aus der Fügestelle 3 verdrängte Material den Materialfluss aus Fügestelle 3' nicht behindert. Der zweistufige Verbindungsflansch 2 des Nabenteils weist in diesem Ausführungsbeispiel keinerlei Hinterschnitte in Radialrichtung auf; die für die Ausbildung der Fügestellen 3, 3' notwendigen Hinterschnitte 9, 9', 9'' sind alle auf der Welle 1 angebracht.

Die erfindungsgemäße Fügestellenstruktur wird z.B. bei der Verbindung einer Kurbelwelle mit einem Antriebsrad verwendet.

Zur Herstellung eines Verbundwerkstücks einer Kurbelwelle 1 für ein Kraftfahrzeug mit einem Verbindungsflansch 2 eines Nabenteils eines Antriebsrades wird zunächst eine einteilige Nabeneinheit - umfassend das Nabenteil des Antriebsrads und den Verbindungsflansch - hergestellt. Zwischen der Kurbelwelle und dem Verbindungsflansch der Nabeneinheit wird vor und hinter der vorgesehenen Fügestelle je ein definierter Spalt eingebracht, der das beim nachfolgenden Verbinden von Kurbelwelle und Verbindungsflansch durch Reibschiessen erweichte Material in seiner Ausbreitung behindert.

Zur Bearbeitung der der Welle zugewandten Bereiche des Nabenteils wird ein gestuftes Werkzeug verwendet, so dass die Innenbearbeitung der Nabe mit Hilfe eines einzigen Werkzeugs in einem einzigen Prozessschritt durchgeführt wird.

Während des Reibschiessens kann das Antriebsrad gekühlt werden, um beispielsweise das Anlassen einer auf dem Antriebsrad vorgesehenen gehärteten Verzahnung während des Reibschiessens zu vermeiden.

Patentansprüche

1. Fügestellenstruktur für ein Welle-/Nabe-Verbundwerkstück, insbesondere für das Verbinden von der Welle (1) mit einem Verbindungsflansch (2) eines Nabenteils mittels Reibschiessen,  
dadurch gekennzeichnet, dass zwischen der Welle (1) und dem Verbindungsflansch (2) des Nabenteils vor und hinter einer Fügestelle (3) je ein definierter Spalt (4, 4') eingebracht ist, der das beim Reibschiessen erweichte Material in seiner Ausbreitung behindert.
2. Fügestellenstruktur nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass die Höhe (10,10') des Spalts (4,4') so dimensioniert ist, dass das Verbundwerkstück vor und hinter der Fügestelle (3) eine verbreiterte Bindezone (8) besitzt.
3. Fügestellenstruktur nach Anspruch 2,  
dadurch gekennzeichnet, dass bei einer Reiblänge von 6 mm und einem Spaltabstand von 1,5 mm die Bindezone (8) eine axiale Erstreckung von 10 mm besitzt.
4. Fügestellenstruktur nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,

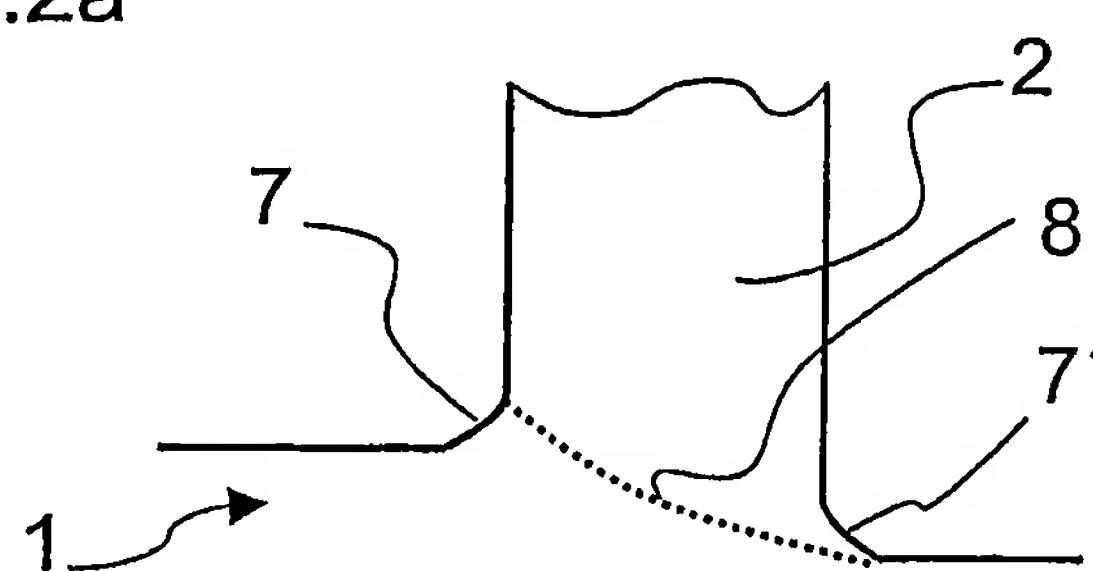
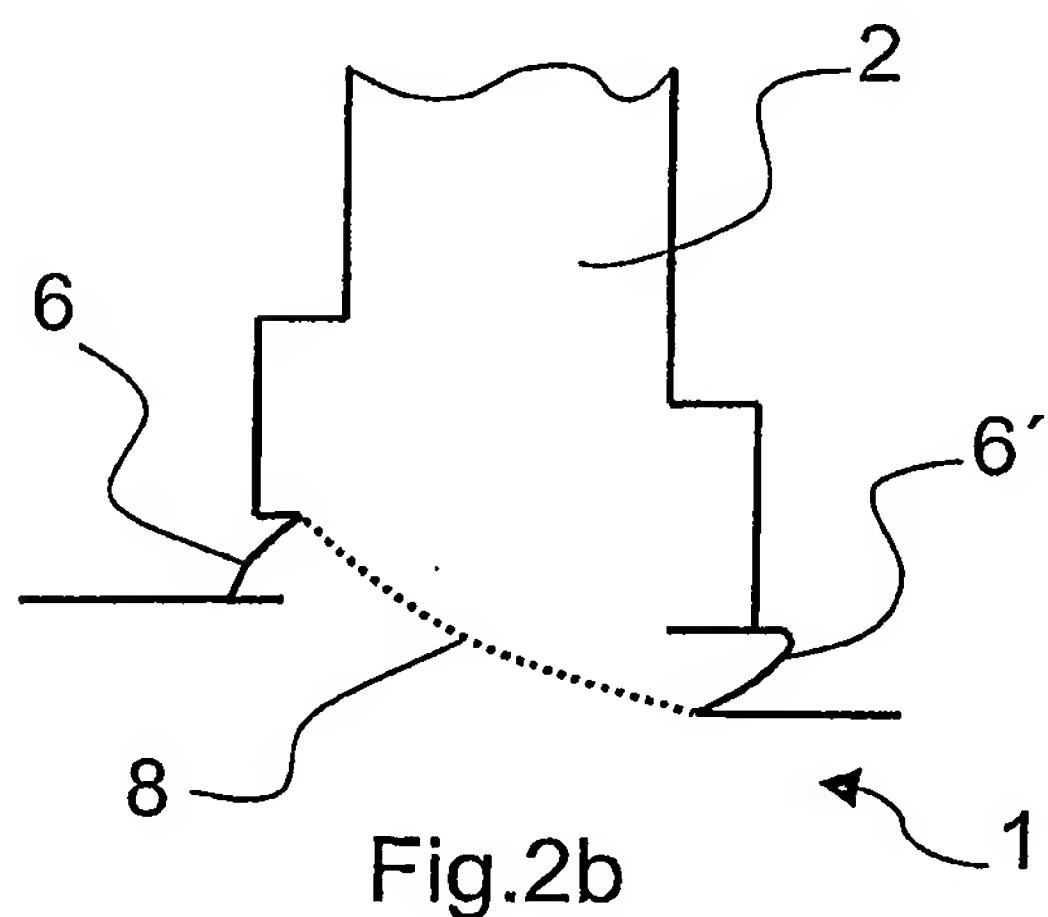
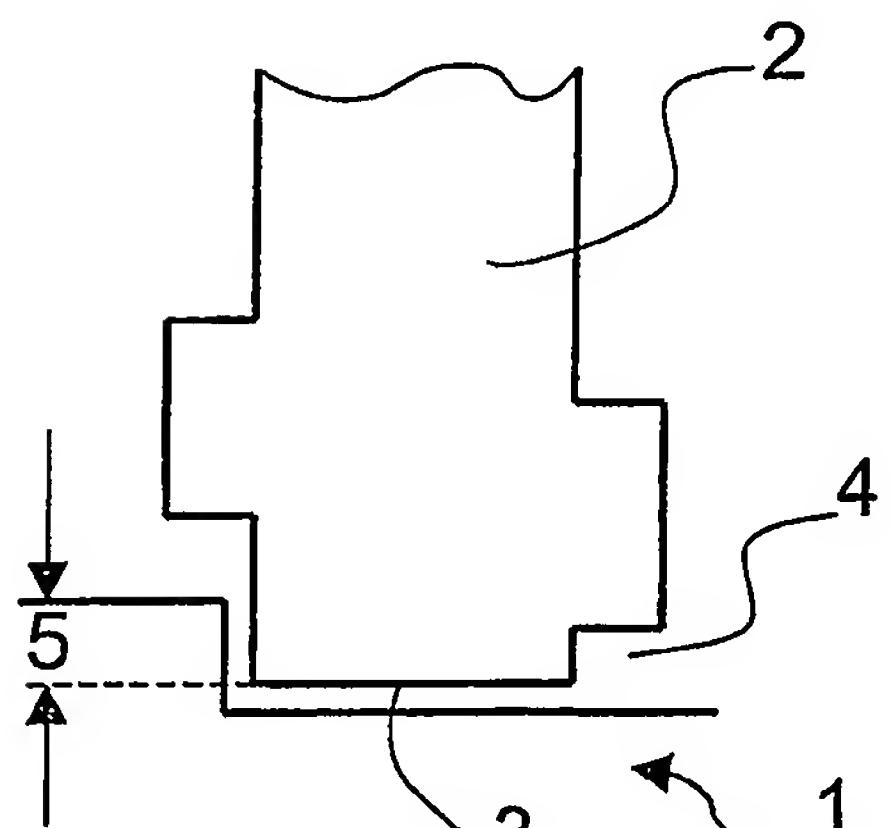
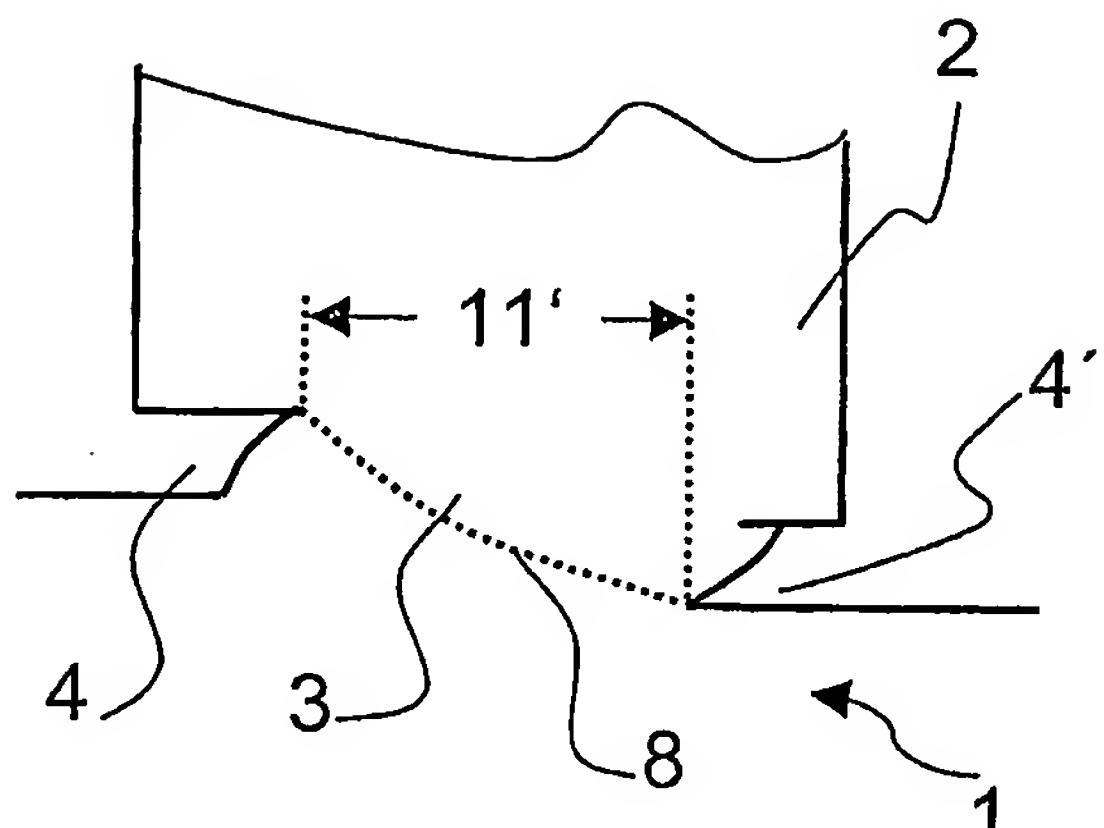
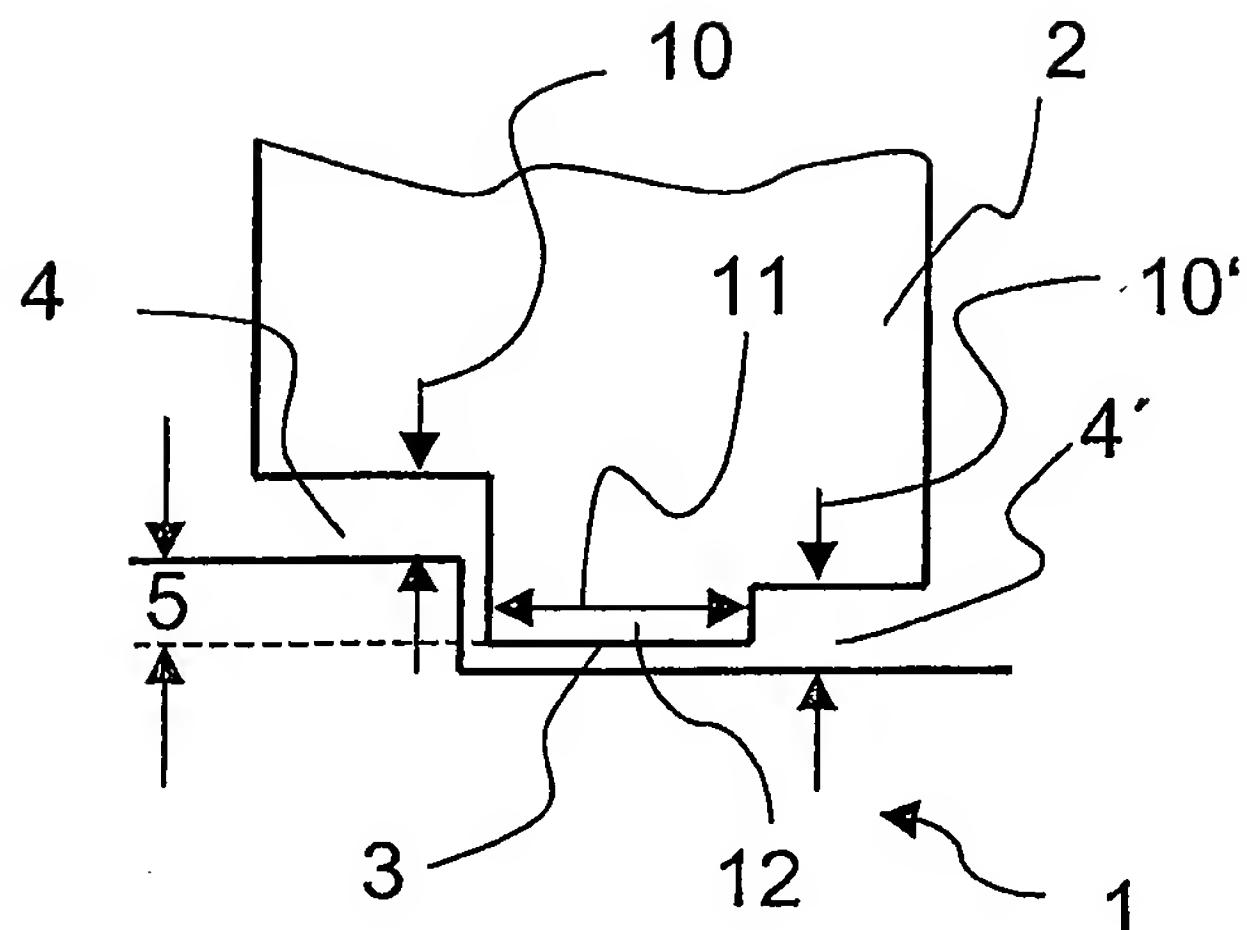
dass das Nabenteil einen zweistufigen Verbindungsflansch (2) besitzt, der keine Hinterschnitte aufweist.

5. Fügestellenstruktur nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Welle (1) Hinterschnitte (9, 9', 9'') aufweist.
6. Fügestellenstruktur nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass Welle (1) und Nabenteil aus unterschiedlichen Werkstoffen bestehen.
7. Fügestellenstruktur nach Anspruch 11,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die zu verbindenden Bauteile (1,2) eine radiale Überdeckung (5) aufweisen, die im Bereich von 1,5 bis 2,5 mm liegt.
8. Verwendung einer Fügestellenstruktur nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass eine Kurbelwelle mit einem Antriebsrad verbunden wird.
9. Verfahren zum Verfügen einer Welle (1), insbesondere eine Kurbelwelle für ein Kraftfahrzeug, mit einem Verbindungsflansch (2) eines Nabenteils eines Antriebsrades,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass zwischen Welle (1) und Verbindungsflansch (2) vor und hinter einer Fügestelle (3) je ein definierter Spalt (4,4') eingebracht wird, der das beim nachfolgenden Verbinden von Welle (1) und Verbindungs-

flansch (2) durch Reibschweißen erweichte Material in seiner Ausbreitung behindert.

10. Verfahren nach Anspruch 9,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass das Antriebsrad während des Reibschweißens gekühlt wird.
11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass das Nabenteil ohne Hinterschnitte hergestellt wird, und dass die für die Ausbildung eines 2-stufigen Verbindungsflansches (2) notwendigen Hinterschnitte (9, 9', 9'') auf der Welle (1) hergestellt werden.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 11,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass ein gestuftes Werkzeug zur Herstellung des Nabenteils verwendet wird, und dass die Innenbearbeitung der Nabe in einem Prozessschritt durchgeführt wird.

1/2



2/2

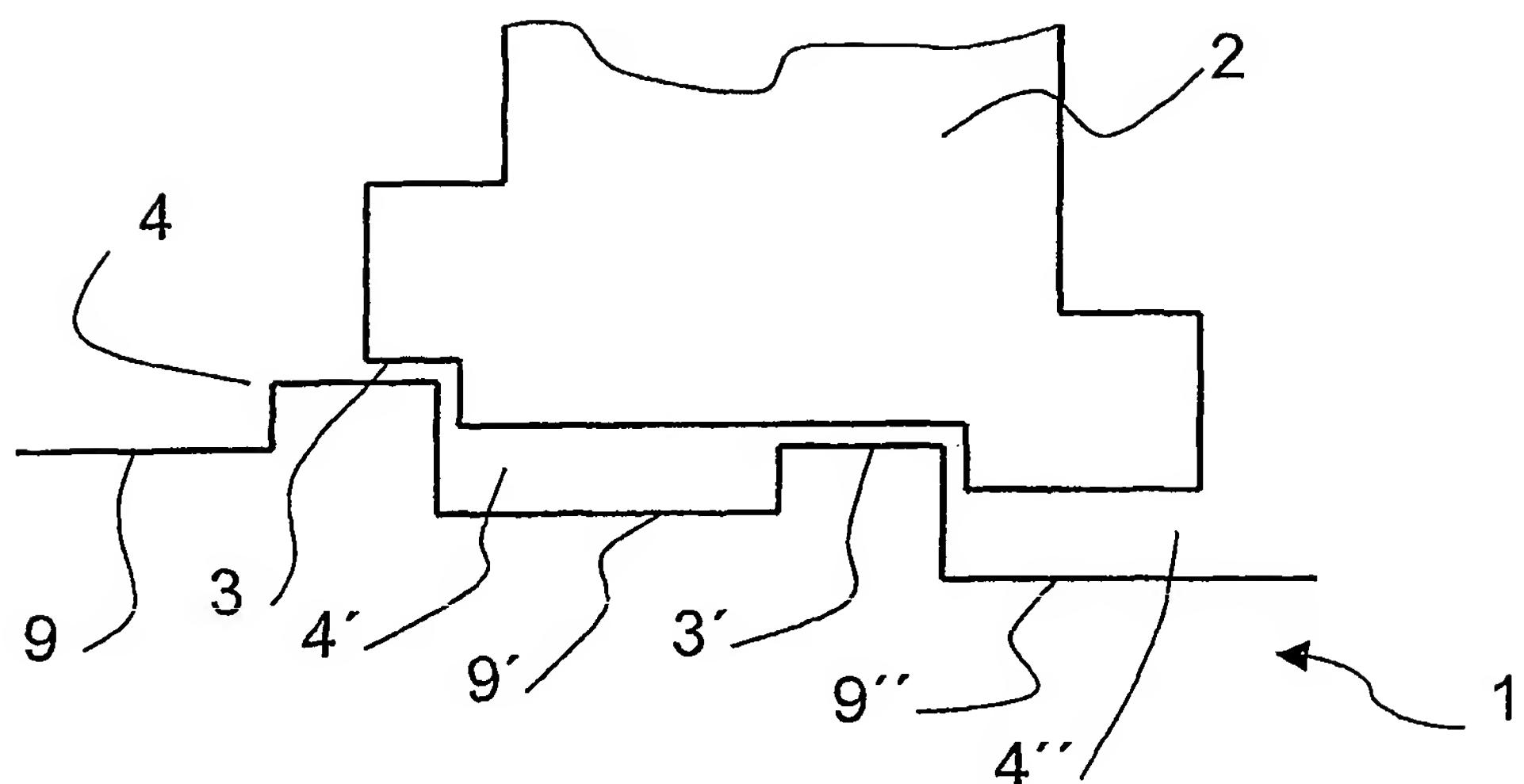


Fig.3